

⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 35 16617 A1**

⑤ Int. Cl. 4:
B01D 39/02
A 01 K 63/04

⑳ Aktenzeichen: P 35 16 617.7
㉑ Anmeldetag: 9. 5. 85
㉒ Offenlegungstag: 13. 11. 86

DE 3516617 A1

㉑ Anmelder:

Tetra Werke Dr.rer.nat. Ulrich Baensch GmbH, 4520
Melle, DE

㉒ Erfinder:

Ritter, Günter, Dr., 4520 Melle, DE

⑤⑥ Recherchenergebnisse nach § 43 Abs. 1 PatG:

DE-OS	31 51 107
DE-OS	28 00 545
GB	13 85 222
US	42 53 947
US	35 43 937

⑤④ Vorrichtung und Verfahren zur Aufbereitung von Wasser

Die Erfindung betrifft ein wirkungsvolles und neues Verfahren zur Aufbereitung von Flüssigkeiten, insbesondere Aquarienwasser durch Anwendung von nach dem Wirbelbettverfahren arbeitenden Festkörperfiltern, sowie entsprechende Filtervorrichtungen, bei denen makroporöses Material zur Anwendung kommt.

DE 3516617 A1

3516617

P A T E N T A N S P R Ü C H E

- 1.) Verfahren zur Aufbereitung von Wasser nach dem Wirbelbettverfahren, bei dem die Filterschichten eines mit losem Filtermaterial mindestens teilweise gefüllten Behälters entgegen der natürlichen Sedimentationsrichtung in der Weise von dem aufzubereitenden Wasser durchströmt werden, daß ein Wirbelbett gebildet wird, wobei die Fließgeschwindigkeit des Wassers die Sedimentationsgeschwindigkeit des Filtermaterials nicht überschreiten soll, dadurch gekennzeichnet, daß das lose Filtermaterial aus wasserdurchlässigen Filterpartikeln besteht, deren Durchmesser im Bereich von 1 bis 80 mm, liegt wobei diese Makroporen mit einer mittleren Porenweite zwischen 0,05 und 5 mm aufweisen, deren innere Oberfläche mindestens gleich oder größer als die äußere Oberfläche der Partikel ist.
- 2.) Filterpartikel zur Aufbereitung von Wasser nach dem Wirbelbettverfahren, bestehend aus wasserdurchlässigen Filterpartikeln aus inertem Material, dadurch gekennzeichnet, daß die Filterpartikel einen mittleren Durchmesser im Bereich von 1 bis 80 mm und Makroporen mit einer Porenweite zwischen 0,05 und 5 mm aufweisen, deren gesamte innere Oberfläche mindestens gleich oder größer als die äußere Oberfläche der Partikel ist.

BAD ORIGINAL

T 132

2

3516617

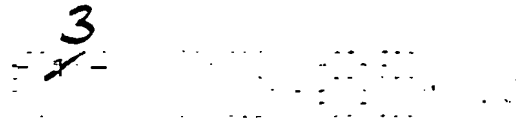
Tetra Werke

Dr. rer. nat. U. Baensch GmbH

4520 Melle 1

Vorrichtung und Verfahren zur Aufbereitung von Wasser

BAD ORIGINAL



B E S C H R E I B U N G

3516617

Die vorliegende Erfindung betrifft ein neuartiges Verfahren, sowie eine Vorrichtung zur Aufbereitung von Wasser, insbesondere von Aquarienwasser.

Es ist bekannt, Wasser mittels üblicher Filtertechniken durch Einsatz von verschiedensten Filtermedien in Form ruhender Festkörperschichten zu reinigen, in dem man das Wasser durch diese Festkörperschichten strömen läßt und es so von chemischen Verunreinigungen sowie Schwebstoffen und/oder Verfärbung befreit. Hierbei können mechanische, physikalische, chemische und biologische Prozesse ablaufen.

Als Festkörperschichten haben sich zum Beispiel Sand, Kies oder Torf in flockiger oder körniger Form, sowie Aktivkohle der verschiedensten Körnung oder auch Ionenaustauscherharze bewährt.

Nachteilig ist, daß . besonders diejenigen Filtermedien, die sich für eine physikalisch-chemische oder chemische Behandlung von verunreinigtem Wasser gut eignen, wie z.B. San Aktivkohle, Torf oder Ionenaustauscherharze sehr dichte Filterschichten ausbilden, die einen hohen Strömungswiderstand aufweisen. Damit wird bei gleichbleibender Pumpenleistung die Filterleistung stark erniedrigt. Hierbei muß obendrein berücksichtigt werden, daß der Strömungswiderstand mit steigender Strömungsgeschwindigkeit nicht linear, sondern exponentiell zunimmt, was ein erhebliches technisches Problem darstellt, insbesondere wenn bei steigendem Wasserdurchsatz die Filterschichten komprimiert und durch Schwebstoffteilchen oberflächlich zumindest teilweise zugesetzt werden.

Die Verschmutzungs- und Verstopfungsgefahr solcher Festkörperschichten ist besonders bei feinerem Filtermaterial stark ausgeprägt. Deshalb müssen herkömmliche Filter sehr häufig gewartet und gereinigt werden.

BAD ORIGINAL

Auch Festbett-Filter mit üblichen Füllkörpern zur biologischen Filtration können Schwierigkeiten mit sich bringen. Hier stößt man nämlich auf Probleme, die mit der biologischen Abbautätigkeit der mikrobiologischen Rasen auf den Füllkörperoberflächen zusammenhängen:

Die Verstopfung des Filterbetts durch Schmutz, heterogene Füllungen und zu hohe Packungsdichten führen nämlich zu Kanalbildung und damit zunehmend schlechterer Umströmung. Dies bedingt stark heterogene Strömungsverhältnisse. Dadurch kommt es auch zu gestörtem, mangelhaftem, heterogenem Stoffaustausch mit dem biologischen Rasen und zu unzureichender, weit unteroptimaler Abbauaktivität und -effektivität. Diese negativen Effekte sind bei porösen Füllkörpern mit inneren Oberflächen besonders ausgeprägt, da mangelnde Umströmung rasch zu Stagnation der Strömung in den inneren Hohlräumen führt. Weiterhin ist besonders nachteilig, daß Festbett-Säulen selbst bei fehlender Kanalbildung zu ungleichmäßiger Strömungsausbildung neigen.

Es ist auch schon versucht worden, die beschriebenen Probleme dadurch zu lösen, daß man Festkörperschichten von z.B. Quarzsand gegen die natürliche Sedimentationsrichtung in einer Art Wirbelbettverfahren durchströmt hat.

Dieses Verfahren ist jedoch, besonders wenn es um die biologische Reinigung verunreinigten Wassers geht, nur wenig geeignet. Eine wirk-same biologische Reinigung setzt nämlich das Vorhandensein und die stetige Aufrechterhaltung eines biologischen "Rasens", d.h. einer Schicht von Algen, Bakterien und anderen Kleinlebewesen auf dem Filtermaterial voraus, an der sich die biologischen Abbaureaktionen abspielen können. Umfangreiche Versuche mit solchem Material haben gezeigt, daß die im Wirbelbettverfahren aneinanderreibenden Teilchen des Filtermaterials durch die ständigen Berührungen und Kollisionen den biologischen Rasen nicht nur ständig stören oder verletzen, sondern im Dauerbetrieb sogar soweit abreiben können, daß er seine Funktion nicht mehr erfüllen kann.

Aufgabe der Erfindung ist es, die obengenannten Nachteile zu vermeiden und ein wirksames Wirbelbettverfahren zur Aufbereitung von Wasser insbesondere Aquarienwasser zu entwickeln, bei dem der zur Reinigung

erforderliche biologische Rasen sich weitgehend ungestört entwickeln kann und auch unter harten Filtrationsbedingungen nicht beeinträchtigt wird.

Es wurde überraschend gefunden, daß man unter Erhalt sämtlicher für das Wirbelbettverfahren günstiger Parameter eine ausgezeichnete störungsfreie Filterleistung erreicht, wenn man anstelle des herkömmlichen feinporigen Materials ein solches körniges Filtermaterial einsetzt das makroporöse Hohlräume enthält. Damit kann man alle Vorteile des bekannten Wirbelbettverfahrens nutzen ohne Nachteile in Kauf nehmen zu müssen, nämlich:

- Vermeidung von Strömungskanalbildung
- Vollständige Umströmung sämtlicher Filterkörper
- Ausbildung einer homogenen Strömung im gesamten Wirbelbett
- Optimaler Stoffaustausch (Nährstoffe, Exkrememente, Sauerstoff, Kohlendioxid etc.) des mikrobiologischen Rasens mit dem Wasser
- Maximaler Abbaueffekt von Schadstoffen

Erfindungsgemäß bildet sich auf der in dem makroporösen Material vorhandenen Oberfläche die weitaus größer als die "äußere" Oberfläche der Filterkörnchen ist, ein biologisch optimal aktiver Rasen aus. Die "innere" Oberfläche des makroporösen Material ist 2 bis 1000 mal größer als dessen Oberfläche, bezogen auf eine glatte Kugelform. Bei den bisher bekannten Filtrationsverfahren, z.B. dem sogenannten Katox-Verfahren wurde ausschließlich Filtermaterial mit Mikroporen, wie z.B. Aktivkohle, Blähton, Sand etc. eingesetzt. [Vgl. z.B. EP-OS 0 002 727]

Bei diesen Verfahren sind die Oberflächen von glatten Filtergranulaten relativ klein, weil die Kugeloberfläche bei gegebenem Volumen von allen Körpern die kleinste ist und sich eine "innere" Oberfläche wegen der geringen Porenweite des mikroporösen Materials nicht wirksam entfalten kann.

Außerdem wird durch das Wirbelbett und die damit verbundenen Berührungen und Kollisionen der einzelnen Substratkörner der biologische Rasen ständig gestört, verletzt und abgerieben. Ausschlaggebend ist aber daß mikroporöses Material nur an der äußeren Oberfläche bewachsen werden kann und sich biologisch demnach wie kompaktes Material verhält

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren weist das Filtermaterial bzw. die Füllkörper ebenso zwar nur eine relativ kleine "äußere" Oberfläche auf.

Statt Mikroporen enthält das Filtermaterial aber Makroporen, deren mittlerer Porendurchmesser groß genug ist, daß auch die Poreninnerräume mit biologischem Rasen besiedelt werden können.

Die Makroporen müssen um einen dauernden Flüssigkeitskontakt zu gewährleisten zumindest teilweise mit der Außenhülle in Verbindung stehen, bzw. von außen zugänglich sein und auf Grund ihrer Struktur natürlich eine möglichst große innere Oberfläche besitzen. Als "innere" Oberfläche ist erfindungsgemäß diejenige Oberfläche des Filtermaterials zu verstehen, die beim Aneinanderreiben der Filterpartikel einer Berührung nicht zugänglich ist. Die "äußere" Oberfläche hingegen ist die beim Aneinanderreiben als Berührungsfläche wirkende Oberfläche, die auch als Kontaktfläche bezeichnet werden könnte.

Die Filterpartikel selbst sollten in ihrer Form an die Kugelgestalt angenähert sein oder ideale Kugelgestalt annehmen.

Die chemische Zusammensetzung sollte ein möglichst inertes chemisches Verhalten und mikrobiologisch günstige Grenzflächen-, Oberflächeneigenschaften bedingen, die für die Ansiedlung des biologischen Rasens gute Voraussetzungen schaffen.

Die physikalischen Eigenschaften der Teilchen müssen ihren Einsatz als Schwebbetfiltermaterial ermöglichen und die Teilchen müssen eine passende Dichte und ausreichende Abriebfestigkeit besitzen.

Die Dichte sollte daher von $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ nicht sehr verschieden sein. Setzt man Filterkörper ein, deren Dichte kleiner als die des Wassers ist, so muß der Filterdurchfluß umgekehrt werden. Brauchbar ist ein Dichtebereich von $0,1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ bis $3,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ und bevorzugt von $0,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ bis $1,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ bei Süß- und Meerwasser.

7

3516617

Die Größe bzw. mittlerer Durchmesser der einzelnen Partikel sollte im Bereich von 1 bis 30 mm, für größere Systeme mit entsprechender Strömungsgeschwindigkeit auch bis 30 - 80 mm betragen. Bevorzugt ist eine Partikelgröße für kleinere Systeme von 5 mm bis 10 mm, für größere Systeme 30 mm bis 60 mm.

Das Material sollte sehr gut wasserdurchlässig sein.

Die Filterkörper sollten auch außen eine makroporöse, nicht glatte Außenoberfläche mit Vertiefungen aufweisen, die dem auch auf der äußeren Oberfläche ausgebildeten biologischen Rasen einen möglichst weitreichenden Schutz bieten. Ideal ist eine "Golfballstruktur" mit vielen aneinandergrenzenden kleinen Mulden. Diese Struktur begünstigt den Bewuchs auf der "äußeren" Oberfläche sehr.

Die mittlere Porenweite sollte zwischen 0,05 mm und 5 mm liegen vorzugsweise um 0,1 - 1 mm.

Gegenstand der Erfindung ist ferner ein Verfahren zur Aufbereitung von Wasser nach dem Wirbelbettverfahren, bei dem die Filterschichten eines mit losem Filtermaterial mindestens teilweise gefüllten Behälters entgegen der natürlichen Sedimentationsrichtung in der Weise von dem aufzubereitenden Wasser durchströmt werden, daß ein Wirbelbett gebildet wird, wobei die Fließgeschwindigkeit des Wassers die Sedimentationsgeschwindigkeit des Filtermaterials nicht überschreiten soll, das dadurch gekennzeichnet ist, daß das lose Filtermaterial aus wasserdurchlässigen Filterpartikeln besteht, deren Durchmesser im Bereich von 1 bis 80 mm liegt, wobei diese Makroporen mit einer mittleren Porenweite zwischen 0,05 und 5 mm aufweisen, deren innere Oberfläche mindestens gleich oder größer als die äußere Oberfläche der Partikel ist.

Ein weiterer Gegenstand sind Filterpartikel zur Aufbereitung von Wasser, deren Durchmesser im Bereich von 1 bis 80 mm liegt, wobei diese Makroporen eine mittlere Porenweite zwischen 0,05 und 5 mm aufweisen, deren gesamte innere Oberfläche mindestens gleich oder größer als die äußere Oberfläche der Partikel ist.

Ein weiterer Gegenstand ist die Verwendung der genannten neuen Filterpartikel zur Aufbereitung von Aquarienwasser.

Im Normfall ist das Filtermedium schwerer als Wasser (Dichte > 1), so daß das Filtermaterial von unten nach oben durchströmt wird.

Bei Filtermaterialien mit einer Dichte < 1 wird das Material von oben nach unten durchströmt, indem die beschriebenen Behälter um 180° gedreht verwendet werden.

Die Durchströmungsgeschwindigkeit richtet sich nach der Dichte und Sedimentationsgeschwindigkeit und läßt sich durch einfachen Versuch optimal einstellen. Man erreicht auf diese Weise ein als Filter wirkendes Wirbelbett, dessen Druckgradient erheblich geringer ist, als bei herkömmlicher Durchströmung einer aus der gleichen Menge an Filtermaterial bestehenden Festkörperschicht. Außerdem ist der Filtrationswiderstand des erfindungsgemäßen Filtrationswirbelbettes nach Überwindung eines anfänglichen Widerstandes und nach Ausbildung des Wirbelbettes im wesentlichen unabhängig von weiteren Änderungen der Strömungsgeschwindigkeit. Die nutzbare Strömungsgeschwindigkeit - und bei gegebenem Strömungsquerschnitt - damit auch die Durchsatzleistung ist in einem weiten Bereich ohne Leistungsminderung frei wählbar.

Der Druckgradient ist auch wegen des vergleichsweise grobkörnigen Filtermaterials ganz besonders niedrig, ebenso demgemäß die auftretenden Druckverluste und Filtrationswiderstand.

Die Ausbildung des Filtrationswirbelbettes ist außerdem durch die Wahl des das Filtermedium enthaltenden Behälters beeinflussbar. Wird zum Beispiel ein Filterrohr verwendet, dessen Querschnitt nach oben, d. h. also gegen die Sedimentation und in Fließrichtung z. B. um den Faktor 2 erweitert ist, so läßt sich der Durchsatz und damit die Filtrationsleistung erheblich erhöhen. Bevorzugt ist daher eine Vorrichtung, die dadurch gekennzeichnet ist, daß in Sedimentationsrichtung des Filtermaterials der lichte Querschnitt des Behälters abnimmt. Durch die Gestaltung des Filtrationsbehälters und Regulierung der Durchflußgeschwindigkeit ist es

möglich, in dem Bereich von einer minimalen, zur Ausbildung des Filtrationswirbelbettes gerade ausreichenden Durchflußgeschwindigkeit bis zur Sedimentationsgeschwindigkeit des Filtermaterials jeden brauchbaren Bereich einzustellen und so die Filtrationsleistung des Filters den jeweiligen technischen Gegebenheiten anzupassen.

Die Verschmutzungs- und Verstopfungsgefahr des Filtrationswirbelbettes ist selbst bei Anwendung von Materialkörnungen der unteren Korngröße von 1 mm viel geringer als bei herkömmlichen Filtern, so daß, ohne Einbuße der Filtrationsleistung die Standzeit der Filter erheblich größer ist. Durch die oben bereits erwähnten positiven Eigenschaften des erfindungsgemäßen Systems, z.B. gleichmäßige intensive Umspülung der Filterkörnchen, bzw. Filtereinzelfüllkörper, homogene Strömungsverteilung, große besiedlungsfähige innere Oberfläche, geschützter innerer biologischer Rasen, hohe Stoffaustauschrate, wird eine gleichmäßige und extrem hohe Reaktivität und eine besonders gute Kapazitätsausnutzung der Filterstoffe mit chemischer und biologischer Aktivität (besonders in granulierter Form) erreicht. Insbesondere die biologische Abbauleistung erreicht Werte, die bisher unerreichbar waren.

Das Filtermaterial bzw. die Füllkörper haben bevorzugt folgende detaillierte Zusammensetzung, Gestalt und Struktur:

- 1.) Aus einem inerten Material mit in Wasser möglichst gleichbleibenden Eigenschaften aufgebaute Füllkörper, z.B. zumindest teilweise offenporige, makroporöse Granulate aus Keramik, Ton, Lavagestein, Glas, Bims, Meerschäum, Koks, Hart- und Weichschaumstoffen, porösem Polyethylen oder Polypropylen fluorierten Polymeren, Torf, Cellulose, Holz, Polystyrol, beliebige geschäumte Materialien mit erfindungsgemäß gestalteter innerer Oberfläche.

Die Form kann zwar unregelmäßig sein, optimal sind aber Kugeln oder kugelähnliche Strukturen. Ideal ist die "Golfballstruktur".

- 2.) Aus verschiedenen Materialien aufgebaute Füllkörper.

Da die mikrobiologische Abbautätigkeit stark vom Sauerstoffgehalt des umgebenden Wassers abhängt (aerobe Prozesse bei O_2 -Anwesenheit, anaerobe Prozesse bei O_2 -Abwesenheit) und der im Inneren der Füllkörper herrschende O_2 -Gehalt auch von geometrischen, den Stoffaustausch beeinflussenden Größen (Durchmesser, Porenweite) abhängig ist, ist es möglich, im Füllkörperinneren gezielt O_2 -arme bis O_2 -freie Bereiche zu schaffen, wo dann anaerobe Prozesse, z.B. der Nitrat-Abbau durch anaerobe Denitrifikation, ablaufen könnten.

Durch entsprechende Versuche kann man solche gezielt aufgebauten Füllkörper je nach den Erfordernissen optimieren.

Folgende Füllkörper werden vorgeschlagen:

Gefüllte Kugeln aus einer stark wasserdurchlässigen Hülle aus Kunststoff (oder Metall), mit Netz, Löchern, Schlitzten u.a. Oberflächenstrukturen und einer Füllung aus einem oder kugelkonzentrisch aufgebauten Kern bestehend aus den unter 1.) definierten Materialien.

Auch Hüllkugelschalen aus offenporigem, makroporösem Material sind denkbar, wobei die Porosität der Füllkugeln verschieden sein kann.

Darüberhinaus kommen folgende Hüllkugeloberflächenstrukturen in Frage:

Makroporöse, offenporig eingestellte Kugeln aus Integralschaum, die außen große Poren aufweisen, deren Porenweite sich aber nach innen stetig verkleinert.

Makroporöse, offenporige Kugeln aus Materialien mit Ionenaustauschereigenschaften, insbesondere mit positiv geladenen funktionellen Gruppen, z.B. aus schwach bis stark basischem

Ionentauschermaterial. Die positiven Ladungen bringen noch weitere wichtige Vorteile, nämlich hohe Affinität zu mehrfach geladenen Anionen, elektrostatische Anziehung von meist negativ aufgeladenen Trübungsstoffen, -partikeln und von meist negativ aufgeladenen Bakterien und anderen Mikroorganismen (Klärungseffekt durch Flockung, konzentrierte Zusammenführung von abbauenden Organismen und abbaubarem Material).

Des weiteren kommen in Frage:

kugelförmige Gespinstknäule aus wasserresistentem bzw. wasserunlöslichem Fasermaterial, welches entweder biologisch nicht bzw. nur sehr schwer abbaubar ist, wie z.B. Polyethylen, Polypropylen, polymere Fluorkohlenwasserstoffe, Polyamid, Polyvinylchlorid, mineralische Fasern oder welches biologisch abbaubar ist, wie z.B. viele Cellulose-Fasern, Celluloseacetat, Polyvinylalkohol, Polyamylacetat, oder allgemein möglichst N, P-freie Fasern, die als C, H-Quelle für Mikroorganismen und als Elektronendonatoren dienen können.

Kugelförmige Füllkörper wie oben beschrieben, können auch weitere Zusatzstoffe mit bestimmten chemischen Eigenschaften enthalten, die eingelagert oder nachträglich angebracht wurden, z.B. Aktivkohle, Tone, Zeolithe, Ionenaustauscher, schwerlösliche organische Verbindungen, Biopolymere oder Oxide (Al_2O_3 , Fe_2O_3) so daß entsprechende zusätzliche chemische Reaktionen ermöglicht werden.

Die im folgenden beschriebenen Figuren I bis IV dienen der näheren Erläuterung der Erfindung.

Bei Fig. I bis III wird ein Material eingesetzt, das schwerer als Wasser ist, so daß die Strömung von unten nach oben gerichtet ist.

In Figur IV werden ideal kugelförmige Filterpartikel mit makroporöser Struktur dargestellt.

Fig. IVa zeigt eine Kugel mit Löchern. Die innerhalb der Kugel gebildeten Kanäle können miteinander verbunden sein.

Fig. IVb zeigt eine netzartige Oberflächenstruktur, die mit einer Lochstruktur nach IVa kombiniert sein kann. Bei dieser Struktur weist die Oberfläche netzartige Riefen auf, die den biologischen Rasen, sicher vor Abrieb, bergen können.

Fig. IVc zeigt eine Struktur die IVb ähnelt, wobei die Riefen als meridianartige Schlitzte ausgebildet sind.

Fig. IVd zeigt (rein schematisch) eine poröse Kugel ohne regelmäßige Oberflächengestaltung.

Fig. IVe zeigt eine typische "Golfballstruktur" der Oberfläche.

In Figur I wird eine für die Erfindung besonders brauchbare Vorrichtung in ihrer einfachsten Form dargestellt.

Der Behälter 1 weist einen Zulauf 2 auf, durch den verunreinigtes Wasser durch das Sieb 4 strömt und durch die Strömungsgeschwindigkeit im Filtermaterial 5 ein Wirbelbett erzeugt. Gleichzeitig werden Schwebeteilchen, organisch abbaubare Stoffe und chemische Verunreinigungen im Filtermaterial 5 zurückgehalten. Das gereinigte Wasser verläßt durch den in dem Deckel 6 angebrachten Ablauf 3 den Behälter. Es spielt hierbei keine Rolle, ob sich die Pumpe vor oder hinter der Vorrichtung befindet, d. h. ob eine Saug- oder Druckpumpe verwendet wird.

In Figur II wird eine ähnliche Vorrichtung dargestellt. Durch den in Fließrichtung erweiterten Durchmesser des Behälters 1 verringert sich im oberen Teil die Durchflußgeschwindigkeit, was dazu führt, daß die Verwirbelung der Filterteilchen in Fließrichtung abnimmt. Auf diese Weise kann im unteren Teil ein besonders starkes Wirbelbett erzeugt werden, ohne daß dies zu störenden Aufwirbelungen an der Oberfläche 7 des Filtermaterials führt. Die Pfeile geben die Fließrichtung des zu reinigenden Wassers an. Die Sedimentationsrichtung des Filtermaterials ist gegenläufig.

In Figur III wird ein Behälter vorgestellt, dessen Durchmesser sich kontinuierlich bis zum maximalen Austrittsdurchmesser erweitert.

Selbstverständlich ist das Prinzip der vorliegenden Erfindung nicht auf Wasser und Aquarienwasser beschränkt, sondern läßt sich auch auf andere flüssige Medien übertragen und technologisch breit einsetzen.

Ein weiteres interessantes Anwendungsprinzip liegt in dem gleichzeitigen Einsatz von mehreren der beschriebenen Füllkörper von verschiedener Dimensionierung und Ausführung, z.B. zwei und mehr Füllkörper gleichen Aufbaus von wachsendem Durchmesser, zwei und mehr Füllkörper von verschiedenem Aufbau mit gleichem Durchmesser oder zwei und mehr Füllkörper von verschiedenem Aufbau mit verschiedenen Durchmessern.

Im Schwebebett oder Wirbelbett, insbesondere in Behältern vom Typ III kommt es zu einer sogenannten Klassierung der verschiedenen Füllkörper, d.h. einer gut abgestuften Schichtenbildung innerhalb des Gesamtwirbelbettes in Abhängigkeit ihrer hydrodynamischen und rheologischen Eigenschaften.

Mit dieser Mehrschichtenbildung ist eine Bildung von verschiedenen Zonen mikrobiologischer Reaktivitäten und Effektivitäten in dem Filter verbunden, die eine ganze Reihe neuer Aspekte eröffnen kann, z.B. abgestufte Porosität, abgestufter O_2 -Gehalt im Inneren der Füllkörper, abgestufte biologische Abbaubarkeit des Füllkörpermaterials oder abgestufte chemische Eigenschaften der Füllkörper.

Zusätzlich zu allen beschriebenen Füllkörpertypen können auch alle geeigneten, in der Regel schon kugelförmigen Ionenaustauschertypen in den bioaktiven Schwebebettfiltern eingesetzt werden.

Ganz besonders geeignet erscheinen hier positiv geladene funktionelle Gruppen enthaltende schwach- bis starkbasische Anionenaustauscher, und zwar aus den schon bei der Beschreibung der Füllkörper aufgeführten Gründen, sofern sie Poren aufweisen, die erfindungsgemäß brauchbar sind.

Die in der Erfindungsbeschreibung erläuterte Erzeugung eines Wirbelbettes braucht selbstverständlich nicht auf einen reinen Flüssigkeitsstrom beschränkt zu bleiben. Durch Einblasen von Luft oder mit anderen Gasen (O_2 , CO_2) angereicherte Luft am Fuße des Wirbelbettreaktors läßt sich durch das entstehende, aufsteigende Gasblasen/Wassergemisch ebenfalls ein Wirbelbett erzeugen.

Auch bei der umgekehrten Strömungsrichtung (von oben nach unten) kann dem Flüssigkeitsstrom Luft oder fremdgasangereicherte Luft zudosiert werden.

Inwieweit im Normalbetrieb auf die Wasserförderung durch eine Kreiselpumpe verzichtet werden kann und diese Förderfunktion von der eingeblasenen Luft nach dem Mammutpumpenprinzip übernommen werden kann, hängt von Betriebskenngrößen ab.

BAD ORIGINAL

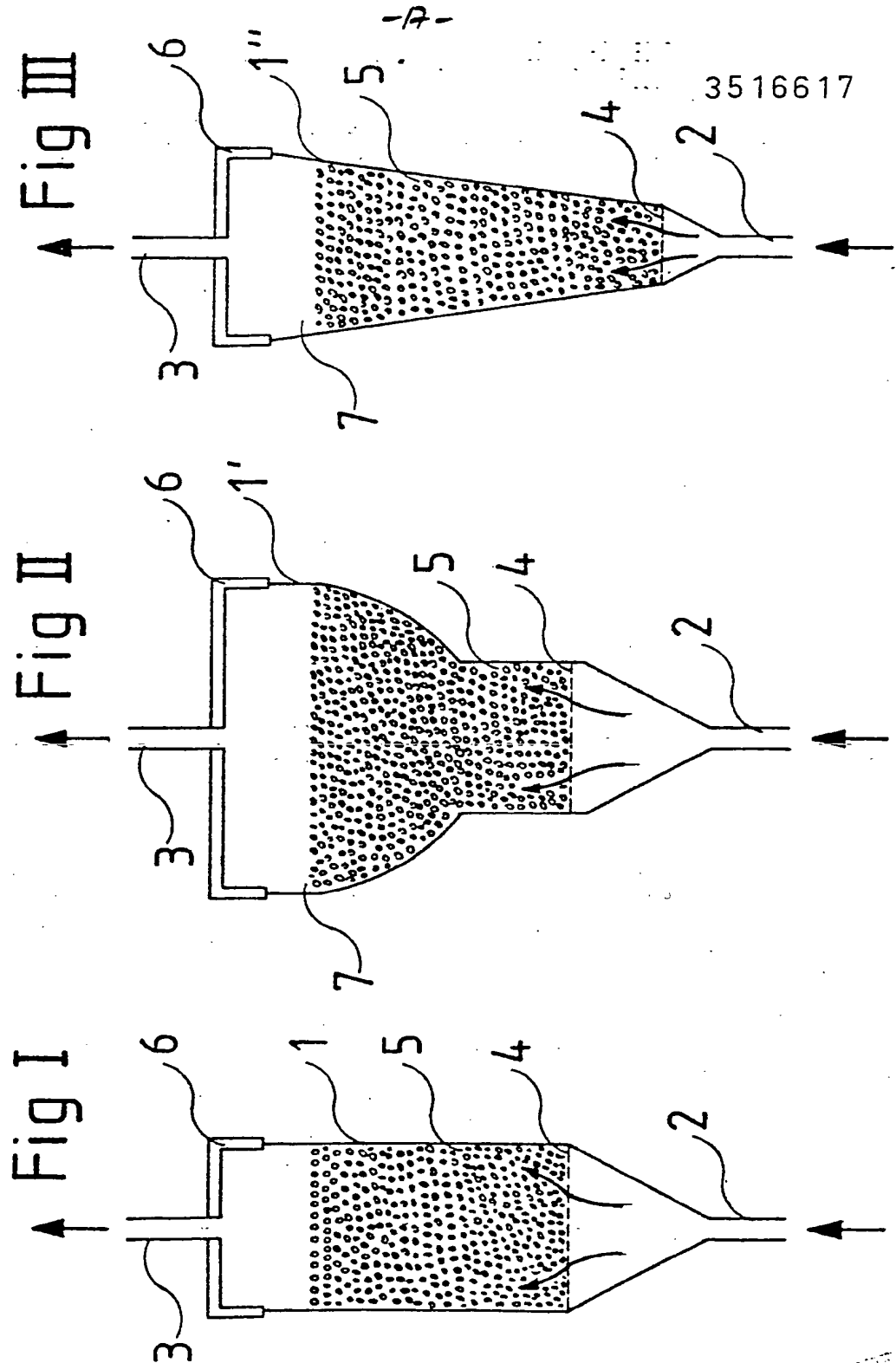
-15-
- Leerseite -

35 16 617

B 01 D 39/02

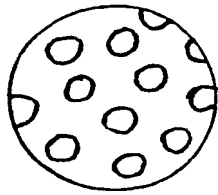
9. Mai 1985

13. November 1986



ORIGINAL REQUESTED

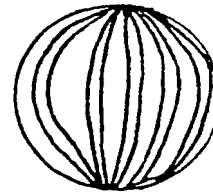
FIG. IV



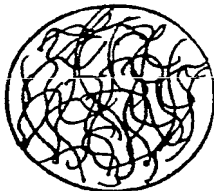
IVa



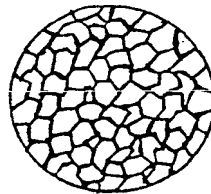
IVb



IVc



IVd



IVe